

만성적 소음노출이 혈압에 미치는 영향에 대한 코호트연구

이지호, 차태준¹⁾, 김장락²⁾, 강위창³⁾, 양승림⁴⁾, 이충렬, 유철인

울산대학교 의과대학 산업·환경의학교실, 고신대학교 의과대학 내과학교실¹⁾,
경상대학교 의과대학 예방의학교실²⁾, 대전대학교 정보통계학과³⁾, 대한항공 산업보건센터⁴⁾

Cohort Study for the Effect of Chronic Noise Exposure on Blood Pressure among Male Workers

Ji Ho Lee, Tae Joon Cha¹⁾, Jang-Rak Kim²⁾, Weechang Kang³⁾, Seung Rim Yaang⁴⁾, Choong Ryeol Lee, Cheol In Yoo

Department of Occupational and Environmental Medicine, College of Medicine, University of Ulsan;

Department of Internal Medicine, College of Medicine, Kosin University¹⁾;

Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Gyeongsang National University²⁾;

Department of Information and Statistics, Daejeon University³⁾; Korean Air Occupational Safety and Health Center⁴⁾

Objective : Whether exposure to chronic noise induces an increase in blood pressure, or the development of hypertension, has not been established. A cohort study was performed to identify the effects of chronic noise exposure on blood pressure.

Methods : 530 males working at a metal manufacturing factory in Busan, Korea were enrolled for the study. They were monitored for 9 consecutive years, from 1991 to 1999, with an annual health check-up. The subjects were divided into 4 groups, which were determined by noise level categories(NLC) according to noise intensity ; NLC-I: office workers, exposed to noise a level below 60dB(A); NLC-II: field technical supporters or supervisors, frequently exposed to workplace noise, wearing no hearing protection device; NLC-III: workers, exposed to workplace noise below 85 dB(A), wearing ear plugs or muffs; NLC-IV: workers, exposed to workplace noise over 85 dB(A), wearing both ear plugs and muffs.

Results : After controlling possible confounders, such as baseline age, smoking, alcohol intake, exercise, family history of hypertension, systolic(SBP) or diastolic blood pressure(DBP) and changes in BMI (body mass index), the pooled mean for the systolic blood pressures, over the duration of the study period, were 3.8mmHg, 2.0mmHg and 1.7mmHg higher in NLC-IV, NLC-III and NLC-II groups, respectively, than in the NLC-I group. There were no significant differences in the diastolic blood pressures between the groups.

Conclusion : This study suggests that chronic noise exposure increases systolic blood pressure independently, among male workers.

Korean J Prev Med 2002;35(3):205-213

Key Words: Noise, Blood pressure, Cohort studies, Workers

서 론

소음은 산업화와 더불어 일상생활과 경제활동에서 피할 수 없는 요인으로 미국산업보건연구원(NIOSH : National Institute for Occupational Safety and Health)의 추산에 의하면 약 14%의 근로자가 허용기준 이상의 소음에 노출되고 있고, 생산직 근로자의 50% 이상이 80dB 이상의 소음속에서 근무하고 있다

[1]. 우리나라의 경우도 전체 제조업체 중 46.7%가 소음발생 공정을 보유하고 있으며, 전체 직업병 유소견자 중 56%가 소음성 난청으로 가장 높은 직업병 유소견율을 보이고 있다 [2].

소음이 소음성 난청을 유발하는 것은 기정 사실이나, 청각기 외의 영향에 대해서는 근래에 와서야 확인이 가능하게 되었다 [3,4]. 최근 연구에서는 소음이 고혈압과 순환기 질환에 미치는 영향에 대해

관심이 고조되고 있다 [5-9].

급성 소음노출에 의한 혈압 상승은 동물실험과 임상조사를 통해 일관성 있는 결과를 보일 뿐만 아니라, 그 상승기전도 비교적 잘 밝혀져 있다. 일반적으로 말초혈관저항 [10,11] 및 심박동수의 증가 [12,13]에 의해 혈압이 상승한다고 한다.

그러나 장기간의 소음노출에 의한 혈압상승 또는 고혈압의 발생에 대해서는 많은 연구 [1,14-18]에도 불구하고 결과가 다양하고 논란이 많은 실정이다.

이처럼 확정적인 결론에 이르지 못한 이유는 첫째, 혈압의 변화에 대한 연구를

접수 : 2002년 3월 11일, 채택 : 2002년 5월 24일

이 연구는 2000년 울산대학교의 연구비에 의하여 연구되었음.

책임저자 : 이지호 (울산시 동구 전하동 290-3, 전화 : 052-250-7284, 8822, 팩스 : 052-250-7289, e-mail : chungang@dreamwiz.com)

소음노출수준 또는 소음에 의한 청력손실 정도로 연구마다 다르게 선택한 점, 둘째, 소음과 혈압과의 관련성을 평가하는데 종속변수로 직접 측정된 혈압값을 이용하지 않고 범주화된 값을 이용하거나 고혈압 유병률을 이용한 점, 셋째, 소음과 혈압의 관련성에 영향을 미치는 혼란변수를 연구마다 서로 다르게 고려한 점, 넷째, 소음노출기간의 계량화에 대한 어려움과 이를 충분히 고려하지 못한 점, 다섯째, 대부분의 연구가 단면적인 연구로 그 인과성을 밝히는데 어려움이 있다는 점 등이다.

기존의 연구에서는 개인의 소음노출량을 산정하는 방법으로 소음노출수준 또는 노출기간을 이용하거나 현재의 소음노출수준에 평균노출기간을 곱한 제3의 변수를 사용하는 방법이 있었다 [19]. 또는 소음노출에 의한 생물학적 영향을 청력손실 정도로 파악하고 과거노출에 대한 간접적 지표로 사용한 방법이 있었다 [5,8,19-24]. 그러나 현재의 소음노출수준만을 연구변수로 사용할 경우 과거의 소음노출에 대한 부분을 잘 반영할 수 없으며, 노출기간만을 사용하는 경우에는 작업력에 따른 다양한 소음노출수준을 반영하기 어려운 단점이 있다. 또한 청력손실 정도는 개인의 감수성에 따라 그 수준이 다양하게 나타나므로 어느 변수도 과거의 소음노출수준을 정확하게 반영하기 어렵다.

최근의 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 Talbott 등 [14]이 근로자들의 작업부서 전환을 고려한 누적소음노출 지표를 개발하여 혈압과의 관련성을 고찰하였고, 국내에서도 Lee 등 [25]의 연구에서 이러한 지표를 사용하기는 하였으나 대부분의 경우에 과거의 소음수준이 현재의 소음수준보다 더 높았을 가능성이 있으므로 이러한 개발지표에 의한 누적소음노출값이 혈압과의 관련성을 분석할 때 그 관련도가 낮아지는 방향으로 비뚤린 결과를 초래할 수가 있다고 지적된 바 있어, 아직도 그 신뢰도와 타당도는 인정을 받지 못한 상태이다. 이처럼 개인의 노출평가에 관한 부분은 지속적

으로 해결해야 할 과제이기는 하지만 수 명에서 수 천명의 작업자를 고용하고 있는 작업장에서 모든 작업자를 대상으로 매일의 노출정도를 측정하는 것은 현실적으로 불가능하다. 그러므로 과거의 연구에서 지적되어온 단면조사의 단점을 보완하고, 개인의 노출평가에 대한 현실적인 어려움을 감안한다면 작업의 유사성과 빈도, 사용물질과 공정, 작업수행방식의 유사성 등 노출형태가 유사한 작업자군을 이용한 유사노출군을 선정하고 이들을 추적조사 하는 것이 필요하리라 생각된다 [26].

이에 연구자는 혈압에 대한 소음의 영향을 정확히 평가하기 위해서는 코호트 연구가 반드시 필요하다고 생각되어 일개 사업장을 대상으로 소음노출수준에 따른 유사노출군을 구성하고 9년간의 추적조사를 실시하였다. 여기서 얻은 자료를 이용하여 소음노출수준별로 혈압의 연도별 변화경향을 파악하고, 일반적으로 알려진 혼란변수를 통제한 상태에서도 혈압의 변화에 대해 만성적인 소음노출이 어떠한 영향을 미치는가를 구명하고자 하였다.

연구대상 및 방법

1. 연구대상

잠재적 연구대상자는 부산지역의 일개 금속제품 제조업에서 1991년도에 근무한 남성근로자 1495명이었다. 이들 중 1991년부터 1999년까지의 혈압을 지속적으로 측정 가능하였던 대상자가 848명이었으며, 항고혈압제를 복용중인 근로자와 초기 2년간의 검사에서 혈압이 수축기 160 mmHg 이상 또는 확장기 95 mmHg 이상인 경우에 속하는 85명은 연구대상에서 제외하였다. 개인별 소음노출에 관한 정보가 수집된 대상자는 777명이었으며, 추적기간 중 업무의 변화에 따라 소음노출수준이 다른 작업부서를 수시로 이동한 194명을 제외하였다.

또한 1991년에 실시한 설문조사와 매년의 청력검사에서 의사의 문진상 청각기 질환, 사격 또는 어학공부나 취미활동

등으로 이어폰이나 헤드폰을 사용한 과거력이 있는 108명과 추적기간 중 병거나 개인적인 사유로 인해 휴직 및 퇴직한 근로자를 제외하였다. 이들 대상자 중에서 혈압측정자료, 개인별 소음노출자료, 설문자료가 모두 확보된 530명을 최종분석대상으로 하였다.

2. 연구방법

1) 환경소음

소음측정은 숙련된 산업위생사에 의해 NIOSH의 측정방법 [27-28]에 따라 소음량 측정계(audio dosimeter(MK-3, Dupont, USA))를 이용하여 정기적인 작업환경측정시에 매년 2회 작업현장에서 근로자의 귀 옆에 마이크로폰을 설치하여 하루 6시간 이상 측정하고, 수시측정을 병행하였다. 장비는 사용전후에 음향보정계로 보정하였다.

2) 혈압

혈압은 1991년부터 1999년까지 매년 정기건강진단 과정을 통하여 측정하였으며, 오전시간에 근로자가 출근직후 작업장에 들어가기 전에 이루어졌다. 혈압측정은 피검자가 5분 이상 안정된 상태에서 숙련된 간호사에 의해 매년 보정상태를 확인한 전자혈압계를 이용하여 좌 상완부에서 측정하였으며, 측정에서 혈압이 수축기혈압 140 mmHg 이상이거나 확장기혈압 90 mmHg 이상인 경우에 충분한 휴식을 취한 뒤 수은주 혈압계로 다시 2분 간격으로 2회를 측정하고 그 평균값을 이용하였다. 수은주 혈압계로 측정할 경우 수축기 혈압은 Korotkoff 음 1기를, 확장기 혈압은 Korotkoff 음 5기에 해당되는 경우의 혈압을 기록하였다.

3) 소음노출군의 분류

조사 대상자들을 근무여건과 노출되는 소음수준(noise level category, NLC)에 따라 다음과 같이 4개의 유사노출군으로 분류하여 관찰하였다. 유사노출군의 분류는 관찰기간 동안 부서별로 대표성 있는 대상자들을 선정하여 개인측정을 실시하고 동일 부서에 근무하는 나머지 근로자를 유사노출군으로 그룹화 하였다.

NLC-I: 일반건강진단을 받았던 사무

실 근로자들로 구성하였으며, 작업과 관련하여 노출되는 소음수준이 60 dB(A) 미만인 집단.

NLC-II : 소음에 비정기적으로 노출되는 현장 기술지원자 및 검사원 등으로 구성하였으며, 작업과 관련하여 소음발생 지역에 수시로 드나들기는 하나 청력보호구를 착용하지 않은 집단.

NLC-III : 현장 근무자들 중 노출 소음수준이 시간가중 평균치(time weighted average : TWA) 85 dB(A) 이하로 노출되는 근로자들이며 귀마개 또는 귀덮개를 착용한 집단.

NLC-IV : 현장 근무자들 중 노출소음수준이 시간가중 평균치 85 dB(A)를 초과하여 노출되는 근로자로서 귀마개와 귀덮개를 동시에 착용한 집단.

4) 비만도

비만도 측정을 위해 신장과 체중은 1991년부터 1999년까지 정기건강진단시 매년 측정하였다. 신장은 신발을 벗은 상태에서 0.5 cm 단위까지 측정하였으며, 체중은 상의를 가볍게 입은 상태에서 0.5 Kg 단위로 측정하였고 이를 이용하여 체질량지수(body mass index, BMI, kg/m²)를 구하였다.

5) 설문조사

자기 기입식 설문지를 이용하여 음주, 흡연, 규칙적 운동여부, 과거병력, 고혈압 가족력, 항고혈압제 복용유무 등을 조사하였으며, 음주량은 1주 동안의 음주횟수와 1회에 섭취하는 음주량을 이용하여 주간 알콜섭취량을 계산하였다. 흡연여부는 흡연 및 비흡연자를 구분하였으며 매일 흡연을 하는 자를 흡연자로, 기분에 따라 한 개피씩 피우는 사람, 금연자 및 지금까지 담배를 피우지 않았던 자를 비흡연자로 분류하였다. 규칙적인 운동여부는 1회 운동시에 30분 이상, 주 3회 이상 운동하는 자를 규칙적 운동을 하는 것으로 간주하였다.

6) 근무경력

근무경력은 실제 현장업무를 시작할 때를 기준으로 계산하였다. 추적기간동안 작업 공정의 변화가 있는 경우도 있거나 소음수준의 분류에 영향을 미칠 정도

Table 1. Baseline characteristics of the study subjects according to noise level category(NLC)

Characteristics	NLC-I	NLC-II (n=155)	NLC-III (n=75)	NLC-IV (n=167)	Total (n=133)	p value*
Age, y	27.2±6.6	26.7±6.9	26.1±6.9	23.0±6.0	25.6±6.7	0.000
Career, y	4.4±4.8	5.2±4.2	5.6±4.6	3.9±4.4	4.7±4.6	0.007
Alcohol intake, g/wk	52.1±54.2	49.1±52.8	49.4±57.9	41.5±38.8	48.2±51.8	0.461
Cigarette smoker(%)	48(31.0)	35(46.7)	91(54.5)	78(56.8)	252(47.5)	0.000
Regular exercise(%)	15(9.7)	12(16.0)	11(6.6)	9(6.8)	47(8.9)	0.084
Family history of hypertension(%)	19(12.3)	7(9.3)	17(10.2)	12(9.0)	55(10.4)	0.814
BMI, kg/m ²	21.1±2.6	21.4±2.0	21.1±1.8	21.1±1.9	21.2±2.1	0.856
SBP, mmHg	115.9±10.9	121.4±11.6	119.8±11.5	121.4±12.1	119.4±11.7	0.000
DBP, mmHg	75.8±8.2	78.4±8.9	77.0±8.6	76.4±9.0	76.9±8.6	0.188

* P value was based on ANOVA or χ^2 -test.
SBP indicates systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure.
Values are means±standard deviation

는 아니었다.

7) 보호구 착용

연구대상 사업장은 1985년부터 청력보존 프로그램을 실시하고 소음의 노출 정도에 따라 청력보호구를 적절히 지원하였으며, 현장관리자들에 의해 관리 감독되어 왔으므로 소음에 노출되는 근로자들이 모두 청력보호구를 철저히 착용하였다.

3. 자료분석

단변량분석에서는 소음노출수준에 따른 연도별 평균혈압을 구하고 이를 분산분석을 이용하여 비교하였다.

다변량분석에서는 추적기간(1992-1999)동안의 각 연도별 혈압을 종속변수로 두고 소음노출수준, 기준연도(1991)의 혈압, 연령, 음주량, 흡연력, 규칙적 운동여부, 고혈압가족력, 및 체질량지수(BMI)의 변화를 독립변수로 하여 ANCOVA (analysis of covariance)를 실시하여 소음노출수준별 보정된 혈압의 변화경향을 비교하였다. 또한 추적기간 동안 관측된 전체 혈압수치들을 한 분석모형으로 동시에 분석함으로써 소음노출 수준이 혈압에 미치는 영향을 보다 정밀하게 평가하고자 하였다. 한편 이를 올바르게 수행하기 위해서는 동일한 연구대상자에서의 반복측정으로 인한 반응변수(혈압수치)들 간의 상관성을 감안할 수 있는 분석법을 사용하여야 한다. 선형혼합모형(linear

mixed model) [29-32]은 본 연구자료와 같이 반복측정되는 연속형 반응변수를 설명변수로 회귀분석할 때 각 연구대상자를 변량인자(random effect)로 취급하여 반응변수간에 존재하는 상관성을 모형화하여 분석하는 모형이다. 선형혼합모형분석은 통계소프트웨어 윈도우용 SAS 6.12판의 Proc Mixed procedure [32]으로 수행되었다.

결 과

1. 연구대상자들의 기준연도의 소음수준별 특성

조사대상자들의 기준연도(1991년)의 연령범위는 만16~45세였으며 전체 평균연령은 25.6세였다. 소음노출수준별 연구대상자수는 NLC-I군이 155명, NLC-II군이 75명, NLC-III군이 167명, NLC-IV군이 133명이었으며, 평균연령은 각각 27.2세, 26.7세, 26.1세 및 23.0세였으며, 통계적으로 유의한 차이가 있었다 (p<0.01). 평균근무경력은 각각 4.4년, 5.2년, 5.6년 및 3.9년이었으며, 통계적으로 유의한 차이가 있었다 (p<0.01). 주간 알콜 섭취량은 각각 52.1 g, 49.1 g, 49.4 g 및 41.5 g으로 각 군간에 유의한 차이가 없었다. 흡연여부는 각각 31.0%, 46.7%, 54.5% 및 56.8%로 통계적으로 유의한 차이가 있었다 (p<0.01). 규칙적 운동여부는 각각 9.7%, 16.0%,

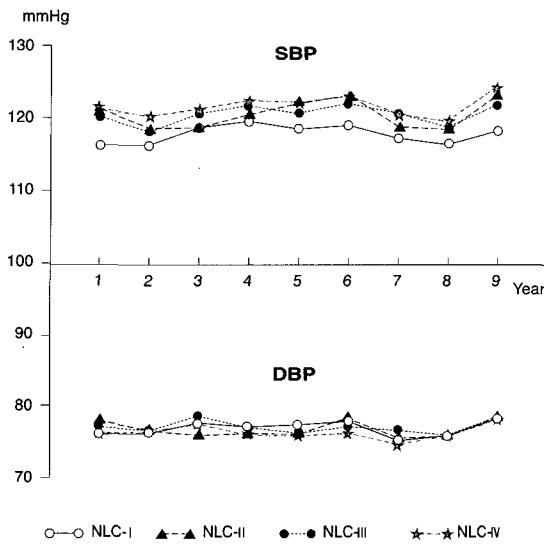


Figure 1. Mean systolic(SBP) and diastolic blood pressure(DBP) by noise level category(NLC) over study period(1991-1999).

Table 2. Mean systolic blood pressure(SBP) and diastolic blood pressure(DBP) by noise level category(NLC) over study period(1991-1999).

	NLC-I (n=155)	NLC-II (n=75)	NLC-III (n=167)	NLC-IV (n=133)	Total (n=530)	p
Baseline						
SBP	115.9±10.9	121.4±11.6	119.8±11.5	121.4±12.1	119.3±11.7	<0.000*†
DBP	75.8±8.2	78.4±8.9	77.0±8.6	76.4±9.0	76.7±8.6	0.188
Year 2						
SBP	116.2±11.5	118.4±11.9	117.6±10.2	120.5±11.3	118.1±11.2	0.014 [‡]
DBP	76.3±9.0	77.1±8.9	76.5±8.0	76.6±8.1	76.5±8.4	0.921
Year 3						
SBP	118.8±10.1	117.8±10.8	120.1±9.1	121.2±10.9	120.0±10.2	0.069
DBP	77.8±8.5	75.9±9.2	78.6±8.0	77.5±8.4	77.7±8.4	0.148
Year 4						
SBP	119.2±12.2	120.2±10.7	121.2±9.9	122.4±11.8	120.8±11.2	0.107
DBP	77.1±9.6	76.5±9.1	77.0±8.5	76.5±8.1	76.8±8.8	0.927
Year 5						
SBP	118.3±11.5	121.2±11.6	120.3±11.3	121.8±11.1	120.2±11.4	0.056 [‡]
DBP	77.3±9.4	75.6±7.9	76.3±9.0	76.1±7.7	76.4±8.7	0.463
Year 6						
SBP	118.9±11.6	122.6±11.2	121.6±10.1	122.7±11.9	121.2±11.2	0.016 [‡]
DBP	78.1±9.8	78.4±10.1	77.5±10.2	76.2±9.7	77.5±9.9	0.355
Year 7						
SBP	117.0±12.8	118.3±11.2	120.3±10.2	120.1±10.8	119.0±11.3	0.038*
DBP	75.4±10.3	75.3±9.6	76.7±8.6	75.3±8.4	75.8±9.2	0.470
Year 8						
SBP	116.6±11.2	117.7±11.3	118.4±11.1	119.8±12.1	118.1±11.4	0.123
DBP	76.0±9.5	75.9±9.4	76.1±9.0	76.3±9.2	76.1±9.2	0.989
Year 9						
SBP	118.1±13.6	121.7±11.8	121.8±12.0	124.2±11.2	121.3±12.4	<0.000*†
DBP	77.9±11.0	78.2±9.6	78.5±10.3	78.7±9.5	78.3±10.2	0.926

* P value were based on ANOVA. Statistically significant(p<0.05) by Scheffe's multiple comparison: †NLC-I vs NLC-II, ‡NLC-I vs NLC-III, §NLC-I vs NLC-IV. Values are means±standard deviation

6.6% 및 6.8%로 각 군간에 유의한 차이가 없었다. 고혈압 가족력은 각각 12.3%, 9.3%, 10.2% 및 9.0%로 각 군간에 유의한 차이가 없었다. 평균체질량지수는 각

각 21.1, 21.4, 21.1 및 21.1로 각 군간에 유의한 차이가 없었다. 평균 수축기 혈압은 각각 115.9, 121.4, 119.8 및 121.4 mmHg로 통계적으로 유의한 차이가 있었다 (p<0.01). 평균 확장기 혈압은 각각 75.8, 78.4, 77.0 및 76.4 mmHg로 각 군간에 유의한 차이가 없었다 (Table 1).

2. 소음노출수준별 혈압의 변화

소음수준별로 연구기간동안(1991-1999)의 수축기 혈압, 확장기 혈압의 변화를 관찰한 결과는 Table 2 및 Figure 1과 같다.

수축기 혈압은 다소의 기복은 있으나 시간이 지남에 따라 대체로 증가하는 양상이었다. 소음에 노출되지 않은 NLC-I군에 비해 소음에 노출되었던 NLC-II, NLC-III 및 NLC-IV군에서 전반적으로 수축기 혈압이 높게 나타났으며, 기준연도, 2년, 6년 및 9년에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다 (p<0.05)(Table 2). 소음노출군중에서는 NLC-IV군이 가장 높았으며, NLC-II와 NLC-III사이에는 일정한 차이를 나타내지 않았다. 확장기 혈압은 소음노출수준에 따른 차이가 현저하지 않았으며, 추적기간동안에도 일정한 변화양상을 보이지 않았다.

3. 혼란변수를 보정한 혈압의 연도별 비교

혼란변수에 대해 보정한 후의 혈압은 NLC-I군에서 그 값이 전반적으로 증가하여(0.8~1.2 mmHg), 소음노출군(NLC-II~NLC-IV)과 차이가 줄어드는 양상이었다. 수축기 혈압의 경우 9년째 NLC-I군과 NLC-IV군 사이에 통계적으로 유의한 차이가 있었고 (p<0.01), 확장기 혈압의 경우에는 3년째 NLC-II군과 통계적으로 유의한 차이가 있었다 (p<0.05)(Table 3)(Figure 2).

4. 추적기간동안 통합 계산된 보정 혈압의 소음수준별 비교

통합 계산된 평균 보정 수축기 혈압은 NLC-I에서 119.2 mmHg, NLC-II에서 120.9 mmHg, NLC-III에서 121.2

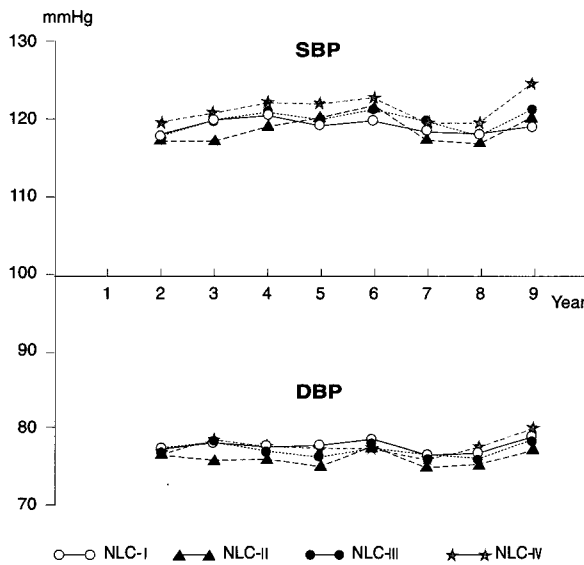


Figure 2. Subsequent adjusted systolic(SBP) and diastolic blood pressure(DBP) by noise level category(NLC) from 1992 to 1999.

Table 3. Subsequent adjusted* mean systolic(SBP) and diastolic blood pressure(DBP) by noise level category from 1992-1999

	NLC-I (n=155)	NLC-II (n=75)	NLC-III (n=167)	NLC-IV (n=133)	p**
Year 2					
SBP	118.0	117.2	117.5	119.4	0.331
DBP	76.6	76.2	76.3	76.9	0.889
Year 3					
SBP	120.0	117.1	120.0	120.4	0.085
DBP	78.0	75.3	78.4	77.8	0.039†
Year 4					
SBP	120.4	119.1	120.9	122.0	0.278
DBP	77.2	75.3	76.8	77.2	0.445
Year 5					
SBP	119.2	120.1	120.0	121.8	0.235
DBP	77.5	74.7	76.0	77.0	0.089
Year 6					
SBP	119.7	121.6	121.2	122.7	0.138
DBP	77.9	77.3	77.2	77.5	0.920
Year 7					
SBP	118.6	117.2	119.9	119.3	0.273
DBP	75.9	74.4	76.4	75.6	0.351
Year 8					
SBP	118.0	116.8	118.0	119.2	0.434
DBP	76.2	75.0	75.8	77.0	0.349
Year 9					
SBP	119.0	120.2	121.4	124.5	0.001 [¶]
DBP	78.0	76.9	78.1	79.8	0.099

* Adjusted for baseline age, smoking, alcohol intake, exercise, family history of hypertension, SBP or DBP, and changes in BMI(body mass index).

** P value were based on ANCOVA. Statistically significant(p<0.05) by Scheffe's multiple comparison:

†NLC-I vs NLC-II, †NLC-I vs NLC-III, †NLC-I vs NLC-IV.

우 그 차이가 통계학적으로 유의하였다 (p<0.05). 확장기혈압의 경우에는 대조군인 NLC-I에 비해 NLC-II는 -0.3 mmHg, NLC-III는 0.3 mmHg, NLC-IV는 0.8 mmHg의 차이가 있었으나 유의하지는 않았다 (Table 4)(Figure 3).

고찰

고혈압은 심장질환이나 뇌혈관질환의 위험요인으로 수축기 혈압은 심비대, 허혈성심질환, 뇌졸중과 밀접한 관련이 있고, 이를 6.6 mmHg 낮출 경우 관상동맥 질환의 발병률을 약 20% 감소시키는 효과가 있으며, 이완기 혈압의 경우 5, 7.5, 10 mmHg를 낮출 경우 뇌혈관질환이 각각 21, 29, 37% 감소하므로 다른 위해 인자와 함께 근로자 건강관리를 위해서 반드시 고려되어야 할 질환이다 [33]. 고혈압의 위험요인은 대부분의 만성질환에서와 같이 유전적 요인이 큰 역할을 하지만 관리나 예방대책수립의 관점에서 볼 때 결국 관심의 대상이 되는 것은 외부환경 인자이다. 이중 근로자의 대다수가 노출되고 혈압에 영향을 줄 수 있는 소음에 대한 연구를 시행하는 것은 근로자들의 건강증진을 도모할 수 있는 계기를 마련해 줄 수 있으므로 매우 의미 있는 일이다.

소음노출에 의한 혈압 상승은 대체로 소음이 물리적인 스트레스로 작용하여 부신피질 호르몬의 분비가 증가하고 심박동수가 증가되거나 [34], 말초혈압저항을 증가시킴으로서 혈압을 상승시키는 것으로 알려져 있다 [35]. 또한, Wu 등 [7]은 혈관내벽의 세포손상으로 인해 내피세포 의존성 혈관확장 기전이 손상되기 때문인 것으로 보고하기도 하였다.

고혈압을 유발하는 또는 유발 정도와 관련있는 소음노출수준에 대한 연구로는 Talbott 등 [14]이 15년 이상 소음수준 89 dB 이상에 노출된 329명과 83 dB 이하에 노출된 314명을 대상으로 비교한 결과에서 연령, 체질량지수 누적소음노출, 항고혈압 약물의 사용, 음주 등이 수축기혈압의 유의한 예측변수였고, 확장기혈압에 대해서는 보다 높은 소음에 노출

mmHg, NLC-IV에서 123.0 mmHg로 mmHg, NLC-III는 2.0 mmHg, NLC-NLC-I과의 차이가 NLC-II는 1.7 IV는 3.8 mmHg이었고, NLC-IV의 경

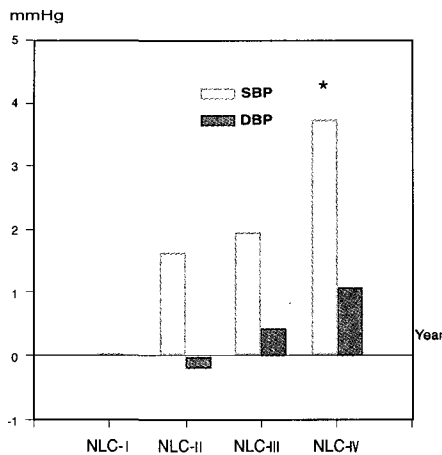


Figure 3. Adjusted population mean difference of systolic(SBP) and diastolic blood pressure(DBP) between noise level category(NLC)-and other categories.

*p<0.05 based on general linear mixed model.

Table 4. Adjusted population mean of subsequent systolic(SBP) and diastolic blood pressure(DBP) pooled from 1992 to 1999

	NLC-I (n=155)	NLC-II (n=75)	NLC-III (n=167)	NLC-IV (n=133)
SBP	119.2(1.1)	120.9(1.3)	121.2(1.1)	123.0(1.2) [†]
DBP	77.7(0.9)	77.4(1.0)	78.0(0.9)	78.5(0.9)

Adjusted for baseline age, smoking, alcohol intake, exercise, family history of hypertension, and BMI(body mass index).

Values are least squares means(standard error).

[†] Statistically significant(p<0.05) difference : compared with NLC-I after Bonferroni adjustment. using general linear mixed model.

Table 5. Baseline mean systolic(SBP) and diastolic blood pressure(DBP) censored study subjects according to noise level category(NLC)

Characteristics	NLC-I (n=17)	NLC-II (n=13)	NLC-III (n=92)	NLC-IV (n=72)	Total (n=194)	p value*
SBP, mmHg	117.6±9.3	121.1±12.8	121.4±10.8	121.4±12.1	120.6±10.5	0.570
DBP, mmHg	77.6±9.3	80.5±7.6	74.8±8.9	76.4±9.0	76.5±8.5	0.048

* P value was based on ANOVA

된 경우만 누적소음노출이 유의한 변수로 나타나 역치효과가 있음을 시사하였으며, Milkovic-Kraus [16]는 85 dB(A)를 기준으로 오랫동안 그 이상에 노출된 근로자들과 이러한 소음에는 노출되지 않은 대조군을 각각 85명씩 선정하여 청력수준을 파악하고 두 군을 비교한 결과 수축기 및 확장기 혈압 모두에서 양군간에 유의한 차이가 있는 것으로 보고하였다. 이처럼 심혈관계에 영향을 미치는 소음수준이 80 dB, 85 dB, 89 dB, 90 dB, 100 dB 등으로 다양하나 최근 Passchier

-Vermeer와 Passchier의 종설에서 대체로 환경소음의 경우에는 70 dB(A), 직업적으로 소음에 노출되는 경우에는 85 dB(A)가 고혈압을 유발하는 역치인 것으로 보고하였다 [36].

본 연구에서는 혼란변수를 통제한 후에도 수축기 혈압이 소음수준 60 dB(A) 이하인 사무실 근로자군(NLC-I)과 비교할 때 간헐적으로 현장소음에 노출되는 근로자군(NLC-II)에서 1.7 mmHg, 85 dB(A)이하의 소음에 노출되는 근로자군(NLC-III)에서 2.0 mmHg, 그리고 85

dB(A)이상의 소음에 노출되는 근로자군(NLC-IV)에서 3.8 mmHg의 차이를 보이면서 소음노출수준에 따라 점차로 증가하는 양상을 나타내었다. 확장기 혈압은 대조군과 유의한 차이는 없었으나 소음노출수준에 따라 점차 증가하는 양상이었다. 이들 결과는 소음노출수준과 혈압사이에 용량-반응관계가 있음을 시사하는 내용으로 해석될 수 있다. 이는 연구방법이 서로 달라 직접적으로 비교하기에는 어려운 점이 있으나 수축기 혈압은 소음에 대체로 민감하게 반응을 보이는 반면 확장기 혈압에서는 역치효과가 존재한다는 Talbott 등 [14]의 연구와 30명의 지원자를 대상으로 한 Germano 등 [37]의 연구에서도 확장기 혈압은 변화가 없으나 수축기 혈압만 증가하였다는 보고뿐만 아니라, 8811명의 근로자를 80 dBA을 기준으로 양군의 혈압수준을 비교한 결과 80 dBA이상에 노출된 근로자에서 수축기 혈압은 증가하였으나 확장기 혈압과 맥박수는 차이가 없었다는 보고 [17]와 대체로 일치하는 결과였다.

그러나 장기간동안 소음에 노출되더라도 소음성 난청 정도는 다르나 고혈압의 유병률 또는 혈압에는 차이가 없다는 보고도 있어, Hessel [18] 등은 2197명의 백인을 대상으로 약 3년 간격으로 병력과 개인기록을 이용하여 후향성 및 횡적인 연구를 시행한 결과 연령과 체질량지수를 감안한 상태에서 혈압과 소음노출사이에 유의한 관련성이 없는 것으로 보고하였고, Hirai 등 [22]은 2124명의 근로자를 소음노출수준에 따라 85 dB 이상군, 85 dB 미만군, 사무실근로자 등의 3군으로 나누고 3군간에 혈압을 비교하였으나 유의한 차이를 발견하지 못하였으며 이에 대한 원인을 장기간의 소음노출에 의한 적응현상으로 파악하였다.

본 연구에서도 현장기술자와 검사원과 같이 소음에 비정기적으로 노출되는 NLC-II 군의 경우 급성적 소음노출에 의한 혈압상승이 예상되었으나, 실제로는 어느 군과도 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았는데 이는 연구 대상자들은 출근과 동시에 현장소음에 노출되지

않은 상태에서 검사를 실시하였으므로 소음에 노출될 당시에는 혈압의 상승을 초래할 수 있으나 이러한 혈류역학적인 변화가 40 dBA의 조용한 환경에서 10분 간 휴식을 취할 경우에 완전히 사라진다고 보고한 Andren 등 [38]의 연구로 설명이 가능하리라 생각된다. 이처럼 동일한 유해인자라 하더라도 그 자극의 종류에 따라 반응이 다르게 나타날 수 있으며,

일반적으로 급성자극에 대해서는 적절한 반응을 불러일으키지만, 예상이 가능한 만성자극에 대해서는 반응이 서서히 일어나거나 적응현상을 유발하기도 한다 [8].

Fogari 등 [9]은 정상혈압(수축기혈압 <140 mmHg, 확장기혈압<90 mmHg)의 20-50세 남자군로자 476명을 대상으로 한 단면연구에서 착용 가능한 이동식 혈압계를 이용하여 근무일과 비근무일의 혈압을 측정된 결과 85 dB이상의 소음에 만성적으로 노출되더라도 혈압의 상승은 유발하지 않으나, 일시적 소음노출에 의한 혈압의 상승과 이로 인한 혈압의 변동이 고소음부서에서 일하는 50세 이상의 근로자들의 고혈압 유병률과 밀접한 관련성이 있는 것으로 보고하여 반복되는 혈압의 변동이 심혈관계에 영향을 미칠 것으로 보고하였다.

본 연구에서의 혈압은 소음노출환경에서 약 14시간이 경과한 상태에서 측정된 값이므로 소음노출에 의한 심혈관계의 급성영향이 거의 사라진 상태의 혈압임을 감안할 때 실제의 영향은 더욱 컸을 것으로 예상된다. 또한, 간헐적으로 현장 소음에 노출되었던 NLC-II군의 경우 다른 군에 비해 혈압의 변이가 심할 것이므로 이에 대한 추후 연구가 필요하리라 생각된다.

소음노출이 혈압에 미치는 영향을 파악하기 위해서는 개인이 노출되는 수준과 혈압을 직접적으로 적용하여야할 필요가 있다. 기존의 연구에서는 개인의 소음노출량은 산정하는 방법으로 소음노출에 의한 청력손실정도를 과거노출에 대한 간접적 지표로 사용한 방법이 있었다 [5,8,19-24]. 그러나 청력손실을 소음노출지표로 사용할 경우 소음노출에 의한

생물학적 지표로 유용한 측면이 있지만, 청력손실정도는 개인의 감수성에 따라 그 수준이 다양하게 나타나므로 과거의 소음노출수준을 정확하게 반영하기 어렵다. 또한 청력손실이라는 결과변수를 사용함으로써 소음노출수준이 혈압에 미치는 직접적인 효과를 반영할 수 없으며, 고혈압성 혈관질환이 소음노출 후 와우손상을 유발할 가능성이 있어 결과해석에 제한점이 있다 [2,39-40]. 본 연구에서는 소음노출수준에 따라 코호트를 구성하고 지속적으로 추적조사 하였으므로 이러한 기존의 문제점은 어느 정도 해결하였고 할 수 있다. 일반적으로 청력보호구를 착용할 경우 청각기에 전달된 소음수준은 작업환경에서 노출되는 소음수준에서 보호구의 감음효과를 뺀 값이 되므로 환경소음수준에 따라 청각기에 전달된 소음노출수준도 높아진다고 볼 수 있다. 그러나 연구 대상자들에게 노출되는 소음수준에 따라 적절한 보호구를 동시에 지급하였기 때문에 작업환경에서 측정된 소음노출수준이 인체에 정확히 노출된 것으로 평가하기는 힘들다. 귀마개와 귀덮개를 동시에 착용하는 경우 귀마개 단독사용보다 7-17 dB, 귀덮개 단독사용보다 3-14 dB 정도 더 큰 감음효과가 있는 것으로 보고하고 있다 [41]. 본 연구에서 NLC-IV의 경우 귀마개와 귀덮개를 동시에 착용하였으므로 일부 대상자들의 실제 노출되는 소음수준이 귀마개를 단독으로 착용한 NLC-III와 유사해지거나 오히려 낮아질 수도 있어 분류상에 오류를 범할 수 있다. 이로 인해 혈압에 대한 소음노출의 영향이 줄어들 가능성이 있을 수도 있으나 이와 같은 문제는 사람을 대상으로 하는 연구에서 피할 수 없는 방법론적 한계라 할 수 있다 [42].

혈압과 소음과의 관련성을 파악하고자 할 때 고려해야할 고혈압의 위험요인으로서 유전적 요인, 연령, 염분섭취량, 음주 흡연의 여부, 비만도, 혈청지질치, 스트레스, 성격형 등이며, 일반적으로 혈압은 나이와 깊은 관련성이 있고, 연령이 증가함에 따라 함께 증가하게 되는 tracking 현상 [22]이 나타나게 되며, 체질량지수

(BMI)도 연령과 더불어 혈압수준에 영향을 미치는 변수중 연구에서 반드시 고려해야할 위험인자로 알려져 있다 [14].

본 연구에서는 실제분석에서 기준연도의 혈압, 연령, 근무연수, 고혈압 가족력, 음주량, 흡연유무, 비만도 및 규칙적 운동 여부를 혼란변수로 고려하였다. 분석과정에서 근무연수와 연령은 상관성이 너무 강하여 ($r=0.803, p<0.0001$) 분석에서 연령만을 포함하여 분석하였으며, 분석결과 수축기 혈압에 대해서는 소음노출수준, 체질량지수, 음주량이 유의한 예측인자였고, 확장기 혈압에 대해서는 체질량지수, 연령, 음주량이 유의한 예측인자였다. 이러한 혼란인자를 고려한 후에도 85 dB(A) 이상에 노출되었던 근로자군(NLC-IV)의 수축기 혈압이 대조군(NLC-I)에 비해 높게 나타남으로써 소음노출이 독립적으로 혈압을 상승시키는 요인임을 확인할 수 있었다 (Figure 1, 2).

본 연구에서는 9년간의 추적조사를 통해 소음과 혈압의 관련성을 파악함으로써 단면조사에서의 단점을 보완하고자 하였다. 그러나 여러 연구자들에 의하면 소음노출과 혈압의 관계는 최소한 20년이 필요하고 확실한 관련성을 보려면 25년 이상이 필요하다고 지적한 바 [6]와 같이 보다 더 긴 연구기간이 필요하리라 생각된다. 한편, 연구대상에서 제외되었던 대상자중 소음에 대한 자료만 확보한 경우는 124명, 고소음에서 저소음으로의 이동이 27명(41.2%)였고, 저소음에서 고소음으로의 이동이 37명(57.8%)이었다. 그러나 작업환경의 변경이 있었던 모든 근로자들에 대한 결과를 확보할 수 없었으므로 이 과정에서 선택비뚤림이 작용할 가능성을 배제할 수 없다. 또한 혈압에 대한 부분적인 자료는 있지만 부서이동이 있거나 소음에 대한 자료가 부족하여 제외되었던 194명의 초기자료를 분석한 결과 수축기 및 확장기 혈압이 소음에 노출되지 않았던 NLC-I을 제외하고는 Table 1의 결과와 비교하여 보았을 때 특별한 차이를 발견하지 못하였다 (Table 5).

결론적으로 소음노출은 다른 혼란변수

를 고려하더라도 수축기 혈압의 독립적인 예측인자이며, 소음노출수준이 높아질수록 혈압이 증가하는 경향으로 미루어 보아 소음노출수준과 혈압의 증가에는 용량반응관계가 있음을 시사한다.

요약

장기간의 소음노출에 의한 혈압상승 또는 고혈압의 발생에 대해서는 많은 연구에도 불구하고 결과가 다양하고 논란이 많은 실정이다. 이에 연구자는 혈압에 대한 소음의 영향을 보다 정확히 평가하기 위해서 일개 사업장을 대상으로 유사노출군의 코호트를 구성하고 9년간의 추적조사를 실시하였다. 여기서 얻은 자료를 이용하여 소음노출수준별로 혈압의 연도별 변화경향을 파악하고, 혼란변수를 통제된 상태에서 혈압의 변화에 대해 소음노출이 영향을 미치는가를 파악하고자 하였다.

부산지역의 일개 금속제품 제조업에서 근무하고 있는 530명의 남자 근로자를 1991년부터 1999년까지 혈압을 9년간 매년 계속 추적조사 하였으며, 조사 대상자들을 근무여건과 노출되는 소음수준(noise level category, 이하 NLC로 약함)에 따라 **NLC-I** (사무실 근로자, 60 dB(A) 미만으로 노출, 155명), **NLC-II** (현장 기술지원자 및 검사원, 소음에 비정기적으로 노출, 75명), **NLC-III** (현장근로자, 85 dB(A) 이하로 노출, 귀마개 또는 귀덮개를 착용, 167명), **NLC-IV** (현장근로자, 85 dB(A) 초과 노출, 귀마개와 귀덮개를 동시에 착용, 133명)의 4군으로 구분하였다.

추적기간동안 소음수준별 혈압은 분산분석을 이용하여 비교하였고, 혼합선형모형을 이용하여 추적기간동안(1992-1999년)의 보정된 통합평균혈압을 구하고 소음노출수준별로 비교하였다. 고려된 혼란변수는 기준연도(1991년)의 연령, 흡연여부, 음주량, 운동, 고혈압 가족력, 수축기 및 확장기 혈압과 체질량지수의 변화였다.

기준연도의 혈압과 혼란변수를 보정한 상태에서 각 연도별 혈압을 비교한 결과

수축기혈압은 9년째에서, 확장기혈압은 2년째에서 대조군과 통계적으로 유의한 차이가 있었으며, 대조군의 평균 혈압이 전반적으로 증가되었다. 추적기간동안 혼란변수를 보정한 통합수축기 혈압은 대조군인 NLC-I과의 차이가 NLC-II는 1.7 mmHg, NLC-III는 2.0 mmHg, NLC-IV는 3.8 mmHg이었고, NLC-IV의 경우 그 차이가 통계학적으로 유의하였다. 확장기혈압의 경우에는 소음노출수준별로 유의한 차이가 없었다.

본 연구는 남성근로자에서 장기간의 소음노출은 혈압의 상승에 독립적인 영향이 있음을 시사하였다.

감사의 글

지금의 연구결과가 나올 때까지 자료의 입력과 정리에 참으로 많은 도움을 주신 대한항공 산업보건센터 이요원과장님과 김옥현과장님께 진심으로 감사드립니다.

참고 문헌

1. Lercher P, Holtnagl J, Kofler WW. Work noise annoyance and blood pressure : combined effects with stressful working conditions. *Int Arch Occup Environ Health* 1993; 65(1): 23-28
2. Kim CB, Koh SB, Kim JY, Cha BS, Choi HR, Lee JT, Nam CM, Lee SY, Wang SJ, Park KH, Kim DY. A meta-analysis on the association between chronic noise exposure and blood pressure. *Korean J Prev Med* 2000; 33(3): 343-348 (Korean)
3. Tomei F, Papaleo B, Baccolo TP, Persechino B, Spano G, Rosati MV. Noise and gastric secretion. *Am J Ind Med* 1994; 26: 367-372
4. Srivastava AK, Gupta BN, Bihari V, Mathur N, Kumar P, Sharma RP, Bhargava SK. A study of extra-auditory effects of noise. *Biomed Environ Sci* 1994;7:35-40
5. Talbott EO, Findlay RC, Kuller HL, Lenkner LA, Matthews KA, Day RD, Ishii EK. Noise-induced hearing loss: a possible marker for high blood pressure in older noise-exposed populations. *J Occup Med* 1990; 32: 690-697
6. Lang T, Fouriaud C, Jacquinet-Salord.

- Length of occupational exposure and blood pressure. *Int Arch Occup Environ Health* 1992; 63: 369-372
7. Wu CC, Chen SJ, Yen MH. Effects of noise on blood pressure and vascular reactivities. *Clin Exp Pharmacol Physiol* 1992; 19(12): 833-8
8. Tomei F, Fantini S, Tomao E, Baccolo TP, Rosati MV. Hypertension and chronic exposure to noise. *Arch Environ Health* 2000; 55(5): 319-325
9. Fogari R, Zoppi A, Corradi L, Marasi G, Vanasia A, Zanchetti A. Transient but not sustained blood pressure increments by occupational noise. An ambulatory blood pressure measurement study. *J Hypertension* 2001; 19(6): 1020-1027
10. Andren L, Hansson RL, Eggertson R. Circulatory effects of noise. *Acta Med Scand* 1983; 213: 31-35
11. Tomei F, Tomao E, Baccolo TP, Papaleo B, Alfi P. Vascular effects of noise. *Angiology* 1992; 904-912.
12. Warzel H, Krell D. Effects of auditory stimulus timing in the respiratory cycle on the evoked cardiac response in man at rest. *Eur J Appl Physiol* 1984; 53: 144-148
13. Linden W, Frankish J, McEachern HM. The effect of noise interference, type of cognitive stressors, and order of task on cardiovascular activity. *Int Psychol-Physiol* 1985; 3: 67-74
14. Talbott EO, Gibson LB, Burks A, Engberg R, McHugh KP. Evidence for a dose-response relationship between occupational noise and blood pressure. *Arch Environ Health* 1999; 54(2): 71-8
15. Kristal-Boneh E, Melamed S, Green MS. Acute and choronic effects of noise exposure on blood pressure and heart rate among industrial employees: The Cordis study. *Arch Environ Health* 1995; 50(4): 298-304
16. Milkovic-Kraus S. Noise-induced hearing loss and blood pressure. *Int Arch Occup Environ Health* 1990; 62(3): 259-60
17. Fogari R, Zoppi A, Vanasia A, Marasi G, Villa G. Occupational noise exposure and blood pressure. *J Hypertension* 1994; 12(4): 475-9
18. Hessel PA, Sluis-Cremer GK. Occupational noise exposure and blood pressure: longitudinal and cross-sectional observations in a group of underground miners. *Arch Environ Health* 1994; 49(2): 128-34
19. Kim BY, Kim CT, Lee JJ, Park HC, Kim CY, Kang PS. Effect of long-term noise exposure on the blood pressure in factory workers. *Korean J Occup Med* 1996; 8(1): 43-58 (Korean)
20. Kim JH, Lee CR. A study on the influen-

ces of noise induced hearing loss to the blood pressure. *Korean J Prev Med* 1987; 20(2): 205-213 (Korean)

21. Ha MH, Kim DH. Long term noise exposure of steel mill workers, hearing loss and blood pressure. *Korean J Prev Med* 1991; 24(4): 496-505 (korean)

22. Hirai A, Takata M, Mikawa M, Yasumoto K, Iida H, Sasayama S, Kagamimori S. Prolonged exposure to industrial noise causes hearing loss but not high blood pressure: a study of 2124 factory laborers in Japan. *J Hypertension* 1991; 9(11): 1069-73

23. Garcia AM, Garcia A. Occupational noise as a cardiovascular risk factor. *Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden-, Lufthygiene* 1993; 88: 212-22 (Germany)

24. Sokas RM, Moussa MAA, Gomes J, Andren JAD, Achuthan KK, Thain AB, Rishsh ZA. Noise-induced hearing loss, nationality, and blood pressure. *Am J Ind Med* 1995; 28: 281-288

25. Lee SY, Kim JY, Im HG, Yoon KJ, Choi HR, Koh SB, Kang DH, Cho SH. The association of workplace cumulative noise exposure and blood pressure. *Koeran J Occup Environ Med* 2001; 13(2): 200-208 (Korean)

26. 노재훈, 김치년, 노영만, 원정일, 이현진, 임현우, 홍윤철, 김수근, 백용준, 임종한, 하은희. 작업장 노출평가와 관리. 서울: 군자출판사, 2000.

27. ANSI S1.13(R1976). Method for measurement of sound pressure levels, American National Standard Institute, New York.

28. ANSI S1.30(1979). Guidelines for the use of sound power standards and for the preparation of noise test codes, American National Standard Institute, New York.

29. Cnaan A, Laird NM, Slasor P. Using the general linear mixed model to analysis unbalanced repeated measures and longitudinal data. *Stat Med* 1997; 16: 2349-2380

30. Holditch-Davis D, Edwards LJ, Helms RW. Modeling development of sleep-wake behavior: I. Using the mixed general linear model. *Physiol Behavior* 1998; 63: 311-318

31. Kim JR, Kiefe CI, Liu K, Williams OD, Jacobs DR, Oberman JA. Heart rate and subsequent blood pressure in young adults. The CARDIA study. *Hypertension* 1999; 33: 640-646

32. SAS System for Mixed Models, SAS Institute Inc. SAS campus drive, Cary, NC 27513: SAS Institute Inc.; 1996

33. 서순규. 성인병 · 노인병학. 서울: 고려의학, 1992

34. Rom WN. Environmental and occupational medicine. Philadelphia : Lippincott-Raven Publisher, 1998

35. Sawada Y. Hemodynamic effects of short-term noise exposure--comparison of steady state and intermittent noise at several sound pressure levels. *Japanese Circ J* 1993; 57(9): 862-72

36. Passchier-Vermeer W, Passchier WF. Noise exposure and public health. *Environ Health Perspec* 2000; 108 (suppl 1): 123-131

37. Germano G, Damiani S, Milito U, Germano U, Giarrizzo C, Santucci A. Noise stimulus in normal subjects: time-dependent blood pressure pattern assessment. *Clin Cardiol* 1991; 14(4): 321-5

38. Andren L, Hansson L, Bjorkman M. Hemodynamic effects of noise exposure before and after β 1-selective and non-selective β -adrenoceptor blockade in patients with essential hypertension. *Clin Sci* 1981; 61: 89-91

39. Araki S, Murata K, Yokoyama K, Uchida E. Auditory event-related potential(p300) in relation to peripheral nerve conduction in workers exposed to lead, zinc, and copper; Effects of lead on cognitive function and central nerve system. *Am J Ind Med* 1992; 21: 539-547

40. Sidman JD, Pulver SH, Prazma J, Pillsbury HC. Cochlea and heart as end-organs in small vessel disease. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1998; 97 :7-9

41. Berger EH, Ward WD, Morrill JC, Royster LH. Noise & Hearing Conservation Manual 4th Ed. Verginia: American Industrial Hygiene Associaton, 1991.

42. Lee JH, Lee CR, Yoo CI, Yaang SR, Kim OH, Cho BM, Lee SI, Kim DK. The effect of noise exposure age on the changes of group mean hearing threshold level: Annual follow-up studies for seven years. *Korean J Occup Environ Med* 1999; 11(2): 137-152 (Korean)